Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Über den Goldglanz von Chromophyton Rosanoffii Woronin

von

Hans Molisch,

c. M. k. Akad.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag. Nr. XXXIX der zweiten Folge.

(Mit 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. November 1901.)

In dem Gewächshause meines Institutsgartens in Prag tritt Jahr für Jahr auf dem Wasserspiegel der Bottiche und der Untertassen von Blumentöpfen ein eigenthümlicher staubartiger Anflug auf, welcher im directen und diffusen Lichte, wofern man in bestimmter Richtung darauf blickt, einen wunderschönen Goldglanz ausstrahlt. Zuweilen fehlt der Glanz oder er ist ganz schwach, matt, zuweilen ist er deutlich, zu gewissen Zeiten aber, wenn die Haut gut entwickelt ist, so herrlich, dass man sich von dem Anblicke nur ungern trennt. Schon seit sieben Jahren kenne ich die Erscheinung, ich konnte vom Frühjahre bis in den Herbst fast täglich den Goldglanz beobachten, und im heurigen Herbste trat er im Warmhause des neuen botanischen Gartens, und zwar auf mit Wasser gefüllten grauschwarzen Thonschalen, die als Untertassen für Orchideentöpfe dienten, in solcher Intensität auf, dass ich meine im Laufe der Zeit über die Entstehung des Goldschimmers gesammelten Erfahrungen ergänzen und nun zum Abschlusse bringen konnte.

Die Ursache dieser optischen Erscheinung ist ein eigenartiger Organismus, ein Flagellat, der im Jahre 1880 von Woronin in ausgezeichneter Weise unter dem Namen *Chromophyton Rosanoffii* beschrieben wurde.[1] Er fand diesen Organismus in

[1] Woronin M., *Chromophyton Rosanoffii*. Botan. Zeitung, 1880, S. 625. Bütschli stellt diesen Flagellaten zu *Chromulina*.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Finnland, in der Umgebung von Wiborg, wo er die glatte ruhige Oberfläche vieler Moortümpel und Pfützen in Form eines leichten, gelben oder etwas bräunlichen Staubanfluges bedeckte.[1] Der genannte Forscher bemerkt schon von seinen Zimmerculturen: »Der in der Schüssel auftretende braungelbe Anflug wird viel eher und schärfer wahrgenommen, wenn man die Wasserfläche nicht von oben, sondern etwas schräg von der Seite betrachtet«.

Den eigenthümlichen starken Goldglanz, wie ich ihn so oft an den erwähnten Orten gesehen, bespricht er nicht, ich vermuthe, dass Woronin das Chromophyton nicht in so üppiger Cultur vor sich gehabt hat, wie ich. Obwohl unser Flagellat, der nebenbei bemerkt von manchen Forschern zu den Phaeophyceen gestellt wird, später Gegenstand mehrfacher Untersuchungen wurde,[2] hat man der durch ihn hervorgerufenen optischen Erscheinung gar keine Aufmerksamkeit geschenkt.

[1] In seinem Prodromus der Algenflora von Böhmen, Prag, 1886, I. Th., S. 29 sagt Hansgirg über das Vorkommen unserer Alge: »Bildet auf der Wasseroberfläche, in Wassergefäßen, Bassins in Gärten, insbesondere in Warmhäusern, sowie auf der Wasseroberfläche der Moortümpel und Pfützen in der freien Natur einen gelblichen gold- bis braungelben Staubanflug«. Er führt auch zwei Standorte bei Prag an. *Chromophylon* tritt nach meinen Erfahrungen auch regelmäßig in den Gewächshäusern in Brünn auf.

[2] Über die Literatur des Chromophyton vergleiche:

Bütschli O., in Bronn's Classen und Ordnungen des Thierreiches etc. 1884. I. Bd. Flagellata, S. 820.

Wille N., Über *Chromophylon Rosanoffii* Woron. Verhandlungen des botan. Vereines der Provinz Brandenburg, 1882, 24. Jahrg., S. 49.

Derselbe, Über *Chromulina*-Arten als Palmellastadium bei Flagellaten. Botan. Centralblatt, 1885, XXIII. Bd., S. 258 bis 263.

Derselbe, Algologische Mittheilungen VII. Über *Chrysopyxis bipes* Stein und *Dinobryon sertularia* Ehrenb. Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Bot., 1887, XVIII. Bd., S. 473.

Fisch C., Untersuchungen über einige Flagellaten und verwandte Organismen. Zeitschr. für wissensch. Zoologie, 1885, XLII. Bd., S. 64 bis 74.

Klebs G., Flagellatenstudien. Ebenda, 1893, LV. Bd., S. 394.

Senn G., *Flagellata*. In Engler-Prantl, Die natürl. Pflanzenfamilien, 1900. Lief. 202 bis 203, S. 151.

Gaidukov N., Über die Ernährung der *Chromulina Rosanoffii*. Hedwigia, Bd. XXXIX, 1900, S. 139.

Derselbe, Über das Chrysochrom. Ber. der deutschen botan. Ges., 1900, Bd. XVIII, S. 331.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Diese Lücke auszufüllen, ist der Zweck der folgenden kleinen Untersuchung.

Wenn man von der goldschimmernden Haut, ohne sie oberseits mit Wasser zu benetzen, vorsichtig etwas mit einem Glasstab auf den Objectträger überträgt und den Tropfen ohne Deckglas bei schwacher Vergrößerung betrachtet, so bemerkt man, wie bereits Woronin gefunden, dass dieser Goldstaub aus kleinen Einzelindividuen oder aus kleinen Gruppen von solchen besteht, die auf dem Wasserspiegel aufsitzen und sich wegen ihres starken Lichtbrechungsvermögens wie

Fig. 1.

Chromophyton Rosanoffii Woron.

a) Lebende Individuen. Die helle Partie der Zelle ist Plasma, die dunkle, seitlich gelagerte der braune Chromatophor.

b) Dasselbe nach Behandlung mit 1% Osmiumsäure. Die Zelle, insbesondere der Plasmatheil erscheint aufgebläht, die Geißel wird sichtbar.

Die Vergrößerung bei *a* und *b* etwa 600.

kleine Luftblasen ausnehmen. Sie zeigen wie diese im durchfallenden Lichte ein helles Innere und einen dicken schwarzen Rand. Im schief auffallenden Lichte erscheinen sie als auffallend gelbglänzende Pünktchen.

Legt man auf den Tropfen ein Deckglas, so kommen die Staubkörner allseitig mit Wasser in Berührung, beginnen, schwankend und sich drehend, sich hin- und herzubewegen und eilen schließlich als Schwärmzellen durch das Gesichtsfeld davon. Die Colonien erweisen sich als Gruppen von solchen Schwärmern. Der einzelne Schwärmer meiner Versuchspflanze — siehe Fig. 1 — hat gewöhnlich eine kugelige, seltener eine birnartige oder noch gestrecktere Form. Übrigens kann sich die Gestalt unter Umständen ziemlich verändern, da der farblose Theil des Plasmas sich etwas amöboid zu strecken vermag. Die kugeligen Individuen besitzen einen Durchmesser von 4 bis 6 μ.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Der Schwärmer besteht aus farblosem, häufig ein oder mehrere stark lichtbrechende Körnchen enthaltenden Plasma, welchem seitlich ein brauner oder grünbrauner, zumeist plattgedrückter Chromatophor angelagert ist. Der Schwärmer trägt eine Geißel. Der Zellkern ist am lebenden Object nicht ohne weiteres nachweisbar. Bei Behandlung mit Jodjodkaliumlösung, wässeriger Gentianaviolettlösung oder Osmiumsäure schwillt der farblose Theil der Zelle so bedeutend an, dass er wie eine Blase erscheint.

Woronin hat zwei Formen seines *Chromophyton* gesehen, eine größere und eine kleinere; meine Experimentalpflanze stimmt nach Form und Größe gut mit der kleineren Art überein.

Unter das Deckglas gebracht, schwimmen die Schwärmer, die Geißel vorantragend, gegen die Fensterseite zu und häufen sich hier zu einem braunen Saume an. Sie sind in hohem Grade positiv phototaktisch. Liegt aber auf dem Tropfen nicht das Deckglas, und waren sie kurz vorher unter Wasser getaucht worden, so streben sie zwar auch dem Lichte zu, aber gleichzeitig bewegen sie sich gegen die Oberfläche zu und trachten energisch auf den Wasserspiegel zu gelangen. Woronin beschreibt dies zutreffend mit folgenden Worten: »Die Schwärmzelle rückt bis unter die Wasseroberfläche, an welche sie sich unmittelbar anlegt, kommt hier zur Ruhe, rundet sich dabei ab und fängt gleich darauf an, durch die Wasseroberfläche, als ob diese letztere eine feste Membran wäre, sich empor zu bohren. An der Berührungsstelle mit der Wasserfläche treibt sie einen kleinen, dunkelscharf contourierten stecknadelförmigen Fortsatz, der über die Wasserfläche in die Luft emporragt. Indem nun dieser sich allmählich vergrößert, verringert sich gleichzeitig und in gleichem Maße der unter dem Wasser liegende Theil der Schwärmzelle, bis endlich diese letztere aus dem Wasser vollständig in die Luft hinüber gewandert ist«. Nach Woronin scheidet die Schwärmzelle beim Durchdringen der Wasserhaut eine Schleimschichte ab, welche nach unten in ein kurzes Stielchen übergeht, mit dem die Zelle im Wasserspiegel gewissermaßen befestigt ist. Dieses Stielchen habe ich bei meiner Versuchspflanze besonders deutlich gesehen, wenn ich die Staubkörner mit wässerigem Gentianaviolett färbte.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Nach dieser Orientierung über die Eigenthümlichkeiten des *Chromophyton* gehe ich nun daran, die Erscheinung des durch dasselbe hervorgerufenen Goldglanzes zu besprechen.

Hat man in einer dunkeln Thonschale eine dichte, auf dem Wasser schwimmende Haut von *Chromophyton*, und stand die Schale längere Zeit vor einem Fenster einseitiger Beleuchtung ausgesetzt, so zeigt die Haut, wofern man von der Fensterseite gegen dieselbe blickt, einen prachtvollen Goldschimmer.[1] Blickt man hingegen von oben senkrecht auf den Wasserspiegel nach abwärts, so erscheint die Haut mattbraun ohne Glanz oder nahezu farblos. Je kleiner der Winkel wird, unter dem man vom Fenster aus auf den Wasserspiegel blickt, desto stärker wird der Goldschimmer; derselbe wird am intensivsten, wenn der von der Augenachse mit dem Wasserniveau gebildete Winkel sich Null Grad nähert, d. h. wenn man, das Auge knapp ober dem Wasserspiegel haltend, fast parallel zu diesem in der Richtung des Lichteinfalles beobachtet.

Bei Betrachtung des Wasserspiegels von rückwärts, also von der Schattenseite aus verschwindet der Glanz, die Haut erscheint dann zumeist mattbraun.

Dreht man, vom Fenster auf die goldglänzende Haut blickend, die Schale sehr langsam und ohne viel zu schütteln, um ihre verticale Achse, so verschwindet alsbald der Glanz, und erst wenn man die Schale in ihre frühere Stellung bringt, also um etwa 360° gedreht hat, leuchtet die Haut in ihrem ursprünglichen Glanze wieder auf. Dreht man nur so lange, bis der Glanz verschwindet, und lässt dann ruhig stehen, so dauert es nicht lange — bei Zimmertemperatur im October etwa eine halbe Stunde —, und der Goldschimmer tritt von neuem auf.

Dieselben Erscheinungen, das Auftauchen und Verschwinden des Goldglanzes, lassen sich auch hervorrufen, wenn man mit einem Glasstabe das Wasser in eine langsam rotierende

[1] Alte Culturen büßen nach und nach den Goldglanz ein, und an seiner Stelle tritt dann ein blau irisierender Glanz auf, der von hautartig auf der Oberfläche ausgebreiteten Bakterien herrührt.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Bewegung versetzt. Es dreht sich dann die Haut mit und zeigt nur bei einer bestimmten Lage den Goldglanz, und diese Lage entspricht der früheren, der einseitigen Beleuchtung ausgesetzten Ruhelage.

Das Experiment gelingt sowohl bei Sonnenlicht, als auch bei künstlichen Lichtquellen, z. B. sehr schön vor der Flamme eines Auerbrenners.

Chromophyton zeigt den Glanz nur, wenn es dem Wasserspiegel aufsitzt, untergetaucht aber nicht.

Es lässt sich leicht nachweisen, dass es sich hier nicht um eine selbständige Entwickelung von Licht handelt, wie etwa bei *Noctiluca*, den Leuchtbakterien, Peridineen und anderen Organismen, denn bei Beobachtung der goldschimmernden Haut im Finstern zeigt sich auch nicht eine Spur von Glanz oder Licht, selbst dann nicht, wenn man unseren Flagellaten durch rasche Bewegung des Wassers mechanisch oder durch Behandlung mit Essigsäure, Salzsäure oder Alkohol plötzlich chemisch reizt. Es handelt sich also nicht um ein Selbstleuchten, sondern, wie wir gleich sehen werden, um eine Lichtreflexerscheinung.

Aus dem Umstande, dass der Goldschimmer nur sichtbar wird, wenn das Auge in bestimmter Richtung auf die ruhende Haut gerichtet ist, geht unzweifelhaft hervor, dass die Zellen bei einseitiger Beleuchtung bestimmt orientiert sein müssen oder dass innerhalb der Zelle Etwas zum Lichteinfall bestimmt orientiert sein muss. Wie ist nun diese Orientierung beschaffen?

Theoretisch ließe sich die Sache leicht erklären. Man hätte nur anzunehmen, dass der gelbbraune Chromatophor sich auf der Rückseite der Zelle, also auf der der Lichtquelle abgeneigten Seite lagert und dass die kugelige Zelle wie eine biconvexe Linse wirkt, welche das auffallende Licht convergieren macht und auf dem Farbstoffträger concentriert, der es wieder zurückwirft — siehe Fig. 2. Dass eine Zelle von dem geschilderten Bau wie ein Condensator wirken kann, unterliegt wohl keinem Zweifel. Allein es entsteht die Frage, ob die Lage des Chromatophors thatsächlich der theoretischen Forderung entspricht. Um das letztere zu beweisen, stieß ich anfänglich auf große Schwierigkeiten, da die auf dem Wasserspiegel

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sitzenden Zellen sich in der Luft befinden und hier im Mikroskope den Chromatophor nicht erkennen lassen. Schließlich gelang es mir, durch eine einfache Versuchsanstellung mit Sicherheit zu beweisen, dass die glänzenden, einseitig beleuchteten und auf dem Wasserspiegel sitzenden Zellen thatsächlich ihren Farbstoffträger auf die der Lichtquelle abgewendete Seite dirigieren.

Ich ließ einen großen, mit einer Goldhaut versehenen Tropfen, auf dem Objectivträger ruhend, unter einer Glasglocke vor einem Nordfenster liegen. Da der Tropfen unter diesen Verhältnissen sehr langsam verdampft, haben die Zellen genügend

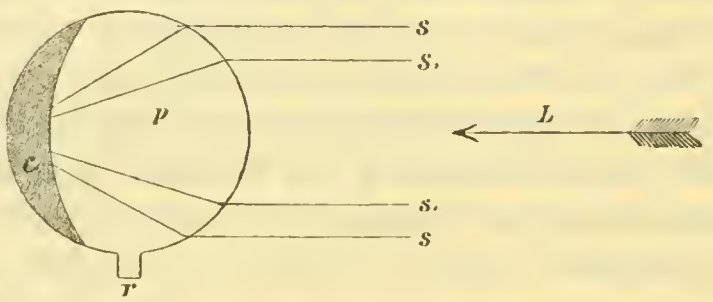

Fig. 2.

Eine sehr stark vergrößerte, schematisch gezeichnete Zelle von *Chromophyton Rosanoffii* Woron.

p Plasma, *c* Chromatophor, *r* Stielchen, mit dem die Zelle auf dem Wasserspiegel aufsitzt, *L* Lichteinfall, ss_1 parallel auffallende Strahlen, welche so gebrochen werden, dass sie gegen den Chromatophor convergieren.

Zeit, sich so zu orientieren, dass der Tropfen bei Betrachtung vom Fenster aus den Goldglanz zeigt. Sowie der Tropfen vollends verdampft, gelangen die Zellen auf das Glas und werden hier von selbst in ihrer ursprünglichen Lage fixiert. Deckt man darüber mit aller Vorsicht ein Deckglas und lässt dann von der Seite langsam Olivenöl zufließen, so wird hiedurch die Lage der Zellen nicht geändert, und man kann sich nunmehr leicht überzeugen, dass alle Zellen ihren Chromatophor nahezu ausnahmslos an ihrer Rückseite tragen, der sich hier, von oben gesehen, wie eine winzige Mondsichel ausnimmt. Und dass auf dem Chromatophor sich das Licht thatsächlich concentriert wie im Brennpunkte einer Linse, lässt sich direct beobachten. Man hat zu diesem

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zwecke nur nöthig, eine kleine Glasschale mit Wasser und der darauf ruhenden Chromophytonhaut unter ein schwaches Objectiv eines Mikroskops zu stellen, längere Zeit nach Ausschaltung der Spiegelbeleuchtung stehen zu lassen, bis man, vom Fenster aus blickend, den Goldglanz wahrnimmt, und dann im schief auffallenden Lichte zu betrachten: die meisten Zellen zeigen dann im Mikroskop an der Vorderseite, in Wirklichkeit also an der vom Fenster abgekehrten Seite, auf dem Chromatophor einen intensiv goldgelb

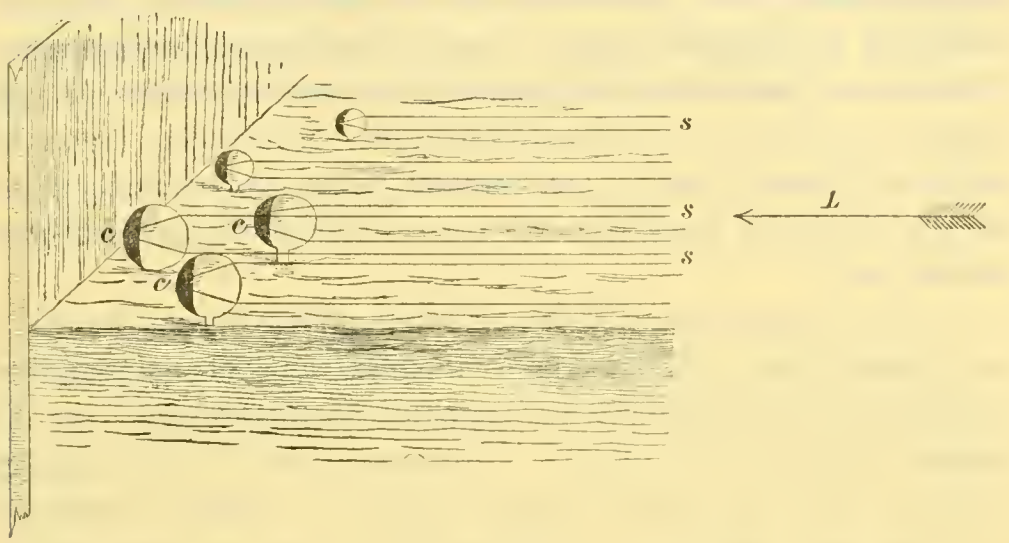

Fig. 3.

Fünf auf dem Wasserspiegel aufsitzende Individuen von *Chromophyton Rosanoffii* Woron., schematisch gezeichnet. Sämmtliche Zellen zeigen den Chromatophor auf der der Lichtquelle abgewendeten Seite. Die parallel auffallenden Strahlen werden von den Zellen gegen den Chromatophor concentriert.

glänzenden Fleck, das Licht ist hier in hohem Grade concentriert und wird vom Chromatophor wie von einer Blendlaterne zurückgeworfen. So wird es vollkommen verständlich, warum man den Goldglanz am besten wahrnimmt, wenn man vom Fenster aus blickt und das Auge möglichst knapp über dem Wasserspiegel hält. Gerade dem Auge gegenüber befinden sich dann Tausende von Chromatophoren, die die innere Rückwand der Zelle einem Hohlspiegel gleich scheibenartig bedecken und das auf sie convergierte Licht zurückwerfen — Fig. 3. Jeder Chromatophor erscheint unter diesen Verhältnissen wie selbstleuchtend.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Um sich die Sache recht anschaulich zu machen, ist es zweckmäßig, ein kugeliges Glaskölbchen auf einer Kugelhälfte mit einem glänzendbraunen Farbstoff dick anzustreichen, das Kölbchen dann mit Wasser zu füllen und schließlich einseitig zu beleuchten. Ein solches Kölbchen verhält sich wie eine Chromophytonzelle. Steht die Kugel des Kölbchens in derselben Horizontalebene wie die Lichtquelle, und zwar mit der unbestrichenen Seite gegen das Licht, so wird das auf die Kugel auffallende Licht gegen die braun bemalte Seite concentriert und hier großentheils so zurückgeworfen, dass ein von der Lichtquelle gegen den künstlichen Chromatophor schauendes Auge einen ähnlichen Eindruck bekommt wie von analog gelagerten Chromophytonzellen. Blickt das Auge in anderer Richtung gegen die bemalte Seite des Kölbchens, so ist der Eindruck ganz anders, sie erscheint weniger hell und daher matt.

Das Leuchtphänomen von *Chromophyton* beruht demnach im Wesentlichen auf denselben Ursachen wie das sogenannte Leuchten des Protonema vom Leuchtmoos *Schistostega osmundacea* Schimp. Wie Noll[1] in anschaulicher Weise gezeigt hat, hat man es hier mit einer optischen Reflexerscheinung zu thun: der prächtige goldgrüne Glanz, der von den linsenförmig gebauten Vorkeimzellen dieses Mooses ausgeht, kommt in ganz analoger Weise zustande wie der Goldglanz von *Chromophyton*. Die Vorkeimzellen der *Schistostega* sehen stark gewölbten biconvexen Zellen ähnlich, deren Chlorophyllkörner sich an der von der Lichtquelle abgewendeten Seite anhäufen und das auf sie concentrierte Licht zurückwerfen.

Nach Berthold's[2] ausgedehnten Untersuchungen kommen bekanntlich bei verschiedenen Meeresalgen eigenartige, durch Lichtreflexe hervorgerufene brillante Farben- und Glanzerscheinungen vor; in allen diesen Fällen handelt es sich um eine Ablagerung von Stoffen innerhalb der lebenden Zelle, die das von außen eintretende Licht auffangen und mehr oder minder

[1] Noll F., Über das Leuchten der *Schistostega osmundacea* Schimp. Arbeiten des botan. Institutes in Würzburg. 3. Bd., 1888, S. 477.

[2] Berthold G., Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Botanik, 1882, XIII. Bd., S. 675.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zurückwerfen. Bei *Chylocladia* z. B. sind diese Körper Platten von eiweißartiger Natur. Während bei *Chromophyton* und *Schistostega* es die Chromatophoren sind, die das Licht zurückstrahlen, sind es in den von Berthold untersuchten Fällen also ganz andere Inhaltskörper der Zelle, die hier die Rolle der Lichtreflexion übernehmen.

Die Fähigkeit der *Chromophyton*-Zelle, das Licht in hohem Grade zu concentrieren und den Chromatophor so zu stellen, dass das concentrierte Licht gerade auf diesen fällt, setzt die Zelle jedenfalls in den Stand, auch noch bei geringen Lichtintensitäten kräftig Kohlensäure zu assimilieren, in ähnlicher Weise, wie dies auch bei *Schistostega* der Fall ist.